气象爱好者知识补充教科书



TROPICAL CYCLONE KNOWLEDGE FOR CHINA

STUDENT’S BOOK 1



2022年1月1日，考古扫灰修复

台风命名表更新，些许小改

匿名热心网友の肯定

写在前面

文/老干部

台风是热带大气乃至地球大气中最具魅力的天气系统，强大而精巧，残酷无情又风度翩翩。对风迷来说，台风来时甚至能勾起满腔热情，台风去时难免依依不舍—这当然不理性，但兴趣本身就是一种非理性的存在。

然而，非理性的存在需要理性的分析，这样兴趣才能更深入，获得的快乐也才会更多。世人对台风的探寻和记载自古有之，在现代大气科学诞生之后更是难更仆数。关于台风的形成，一开始人们以为只能在热带洋面上，而且只知道热带扰动、季风低压和东风波可以成台；后来发现中高纬度洋面上有时候也能生成暖心风暴，温带天气系统如高空冷涡、温带气旋等也可以成台。关于台风的加强和维持机制，人们奉 CISK 机制和卡诺热机理论为圭臬，起初只认识到热带、副热带中低层天气系统对其的影响；后来发现台风的加强和减弱有时候并不能用 CISK 机制解释，最大强度也都达不到卡诺热机框架下的最大潜在强度，另外中纬度天气系统和对流层高层系统也对它们有非常大的影响。关于台风的强度评价，人们起初依赖气球和浮标，再而探测，再而卫星等等，并发展出一套完整的、有区别的评价方法（德沃夏克分析法），但总有少数台风的分析结果和实测结果大相径庭。台风的内部结构研究也在进行，眼墙置换的干空气说也变成了只是原因之一；眼墙、螺旋雨带、台前飑线互相影响，甚至可能大大增强或削弱台风，改变其路径。

总之，知也无涯，研究越多未解之谜也就越多，但研究的同时也会收获很多。与台风初相见时看台风，恐怕只是旋转的白色云团；相处略久可以看出台风厕身其中的热带辐合带、北边的副高、南边的赤反、西边的西风槽和西南边的季风输送；相濡以沫之时可以看到台风头顶的冷涡或 TUTT，台风螺旋雨带和眼墙之间的干区。台风的精巧结构和迷人魅力，恐怕到风迷们拥有外科手术刀一样的目光，能将台风彻彻底底的解剖清楚时才能一览无余。

工欲善其事，必先利其器，欲练此目光，请先打基础。Yulou 他们用了几个月时间写出的这本教程，都是必不可少的知识，也是追风必备。相信认真看完这本教程之后，追风追梦路上的第一关，大概是可以过了。

目录

CONTENTS

1 什么是台风

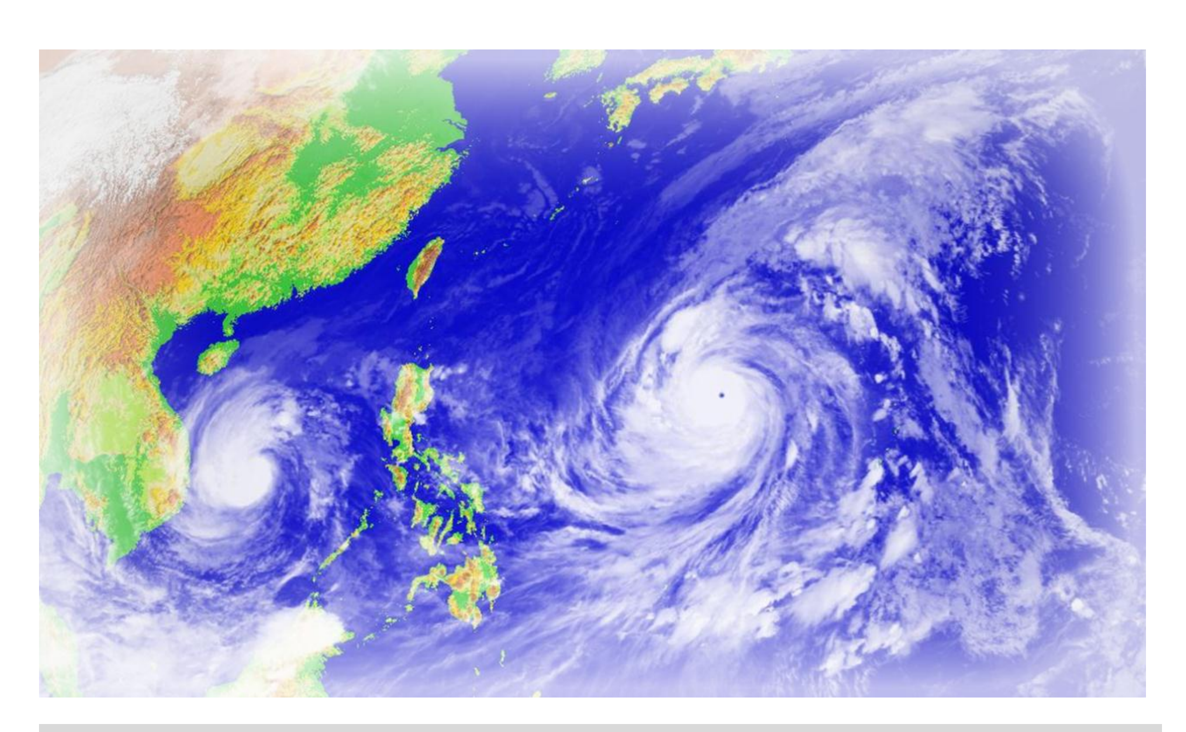


图1-1 1979年10月12日的红外云图，全世界有记录来气压最低的热带气旋7920.TIP(右)

大家一定都知道，在每年的夏秋季节，我国毗邻的大洋——西北太平洋上会生成不少名为**台风**(Typhoon)的猛烈风暴，有的自散于洋上，有的则登陆，带来狂风暴雨的天气。

其实，台风这种天气系统的正式名称是**热带气旋**（Tropical Cyclone，简称 TC）。

热带气旋是发生在**热带**或**亚热带洋面**上，具有**有组织的对流**和**确定气旋性环流**的**非锋面性**涡旋。

在世界各地，人们为热带气旋起了不同的名称。在西北太平洋，人们叫它，**台风**（Typhoon）①。而大西洋和东北太平洋②则称之为**飓风**（Hurricane），北印度洋称为**气旋风暴**（Cyclonic Storm），在南半球一般简称为**旋风**（Cyclone）。**这些系统虽名字有异，然而结构和原理完全相同。**

注意：并不是整个太平洋都称热带气旋为台风，因为东北太平洋称热带气旋为飓风。

---

① 闽语支称台风为“风台”（又作“风筛”）。
② 包括 180 度~西经 140 度的中北太平洋地区，下同。

另外，“台风”一词有以下三种含义：

1.泛指全球的热带气旋（包括飓风、气旋风暴和旋风）;

2.指发生在西北太平洋的一切强度的热带气旋；

3.发生在西北太平洋，持续风速不低于64kt（即蒲福风级12级）的热带气旋。

此后的教材标题和正文中，如果未加特别说明，“台风”一词均取第一种释义。

练习

1.影响美国的飓风和影响我国的台风，有没有本质的区别？

2.在某一个台风发展后期，它的中心温度骤降，那么请问此时它还能不能称作“台风”？为什么？

3.换算，140KT=____m/s　35m/s=____KT

2 初识台风的发展消亡

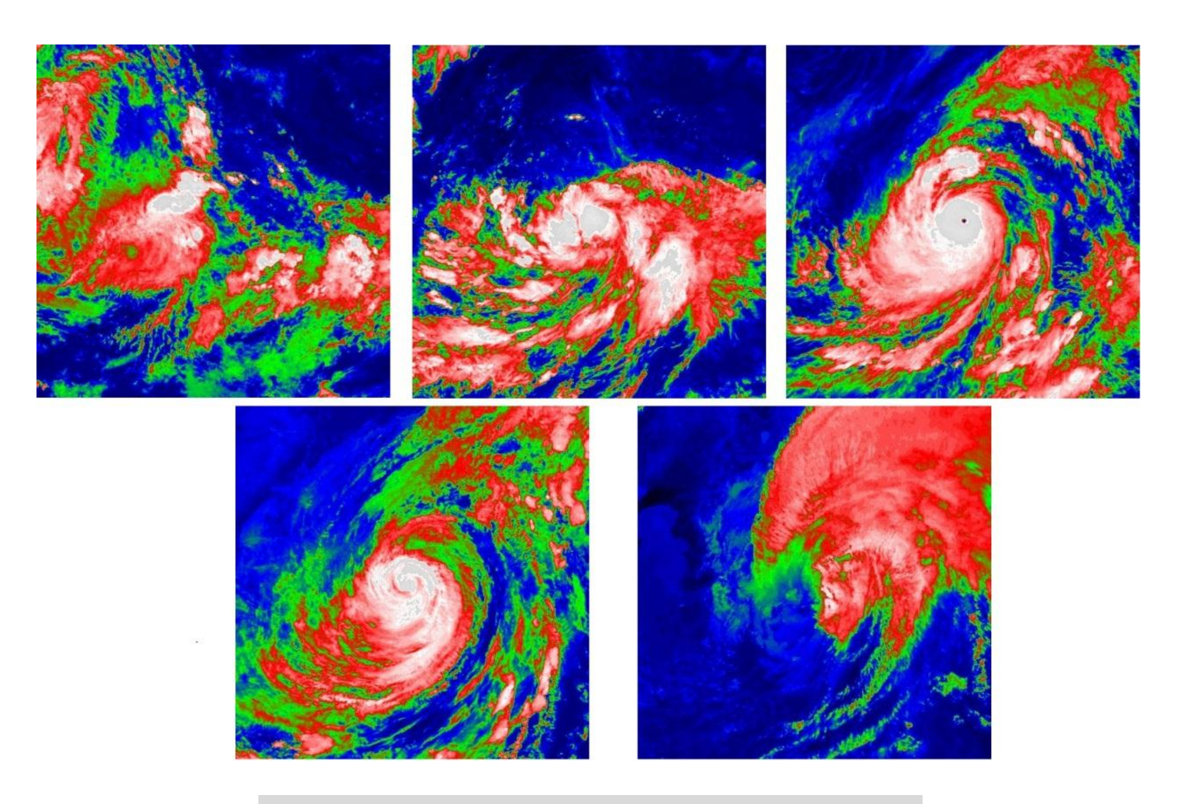


图 2-1 台风"TIP"的生成、加强、巅峰、减弱和转性

台风的诞生

在上一节中，我们初步认识了台风。那这些台风又是如何诞生的呢？我们来了解一下。

在热带洋面上，**海水表层温度**（Sea Surface Temperature，简称 SST）高，热带洋面空气蒸发**抬升**（Uplift），导致地面空气减少，形成气压较低的区域，受**气压梯度**力（Pressure Gradient Force）影响，风从周围的高气压区流入低气压区。特别地，我们把这个过程称作为**辐合**（Convergence）。

受到地转偏向力影响，流入的空气会逆时针旋转（地转偏向力的具体涉及到高等数学，这里只需浅显了解）。

流入低压区的空气继续抬升，从另一个角度来说，抬升的空气继续降低着气压，所以这个低压区气压就继续降低，风力也越来越强。

抬升的空气带有大量水蒸气，水蒸气在高层温度较低的区域液化或凝华，形成云，并释放出**潜热**（Latent Heat）。由于放热后空气变冷，不能再上升，就在这个地方堆积，形成了一个高空高压（所以说台风地面是低压，高空是高压），接着高压的空气向外顺时针流出，拉动低层空气抬升，气压越来越低，风力越来越强，就形成了台风。

上面这些文字，就是初学者需要掌握的知识，实际上就在浅显地描述热带气旋的能量来源机制。

台风的前身

台风不会凭空诞生，在台风被编号前，它们通常是这些系统：

1.**热带辐合带内的天气扰动**

热带辐合带（Intertropical Convergence Zone，简称 ITCZ）是跨赤道气流(包括西南季风)与副热带高压南侧（南半球为北侧）的东风（即**东北信风**）汇合形成的云带，长度可达数千千米。ITCZ 中有许多热带天气扰动，这些热带扰动如果环境适宜就会发展为热带气旋。

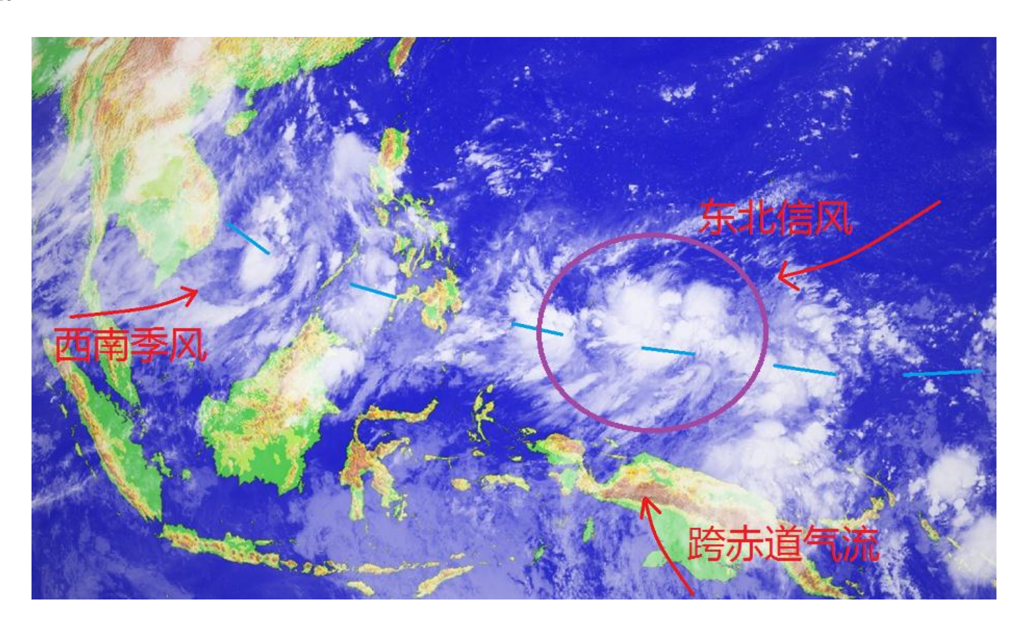


图 2-2　ITCZ 示意图(蓝虚线为 ITCZ，紫圈内扰动后来成为 0603 号超强台风“艾云妮”)

2.高空冷涡

高空冷涡（Cold Vortex，简称**冷涡**），是一种位于对流层**高层**的冷心气旋系统，在展分裂出地面环流和转暖后可能成为台风。

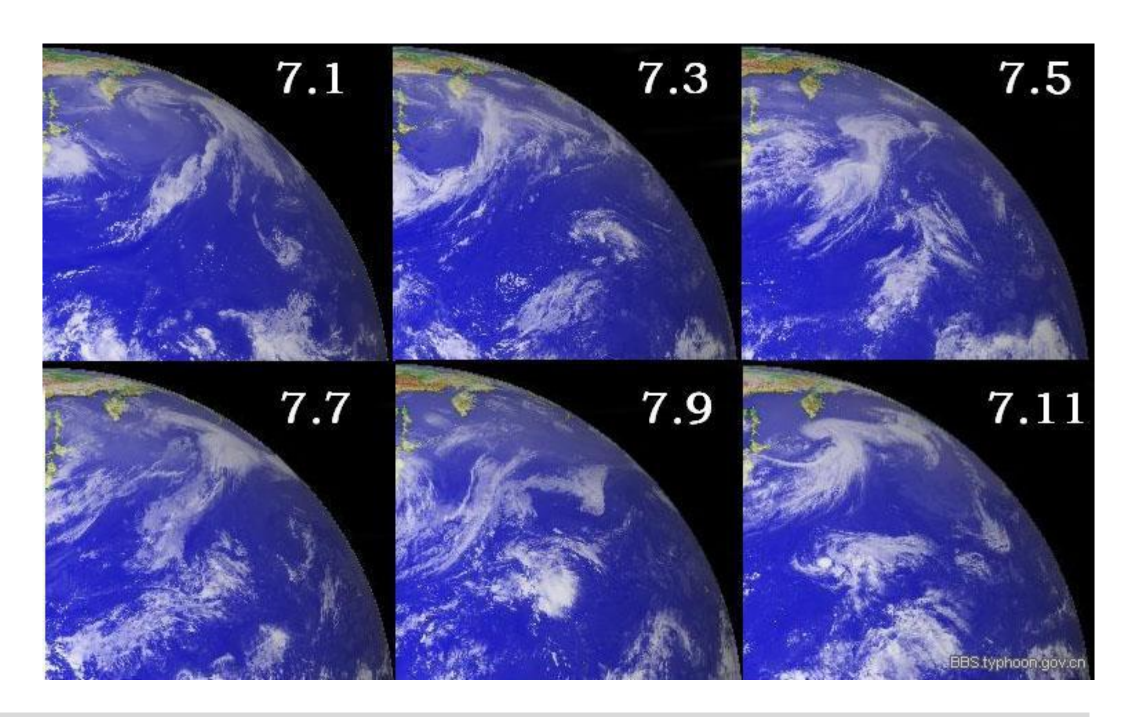


图 2-3　一个高空冷涡的转暖历程（后来发展成 0505 号超强台风“海棠”，图片由站友盛夏的蓝制作）

3.**东风波动**

东风波动（Easterly Wave，简称**东风波**）位于副热带高压南侧的波动，风场为全东风（热带辐合带中天气扰动的风场气旋式风场，也就是旋转式的），云系通常成 V 字形，逗号或是横向舒展。

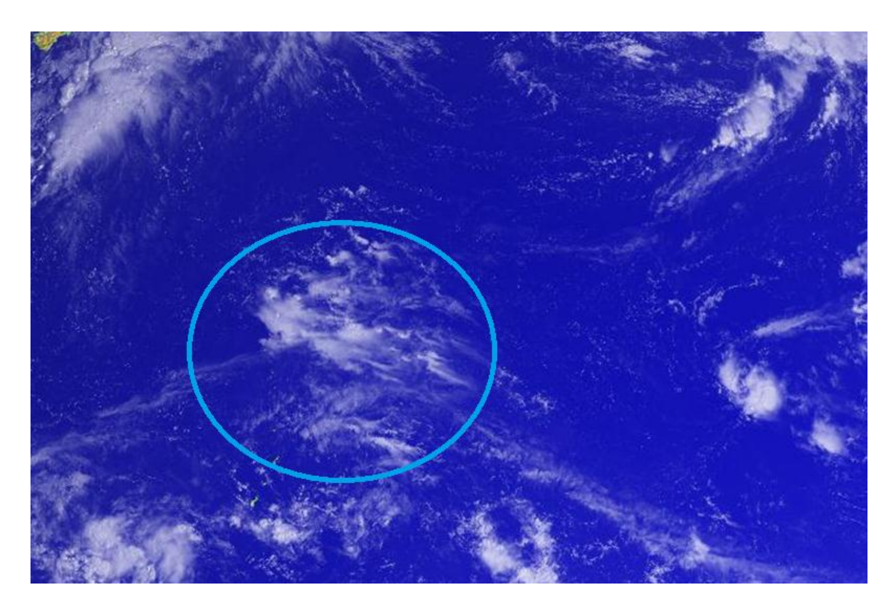


图 2-4　一个东风波性质的热带扰动（后来发展成 1013 号超强台风“鲇鱼”）

4.副热带气旋/温带气旋

温带气旋（Extratropical Cyclone，简称 ExTC）是中纬度西风带锋区上形成的气旋系统。**副热带气旋**（Subtropical Cyclone，简称 SubTC）则是发生在亚热带对流层中低层的非锋面气旋系统，一般由高空冷涡环流下伸发展而来。

这两种低压系统在进入热带洋面并转暖之后均有可能发展为热带气旋，但是这种情况主要出现在北大西洋，在西北太平洋发生的频率非常小。

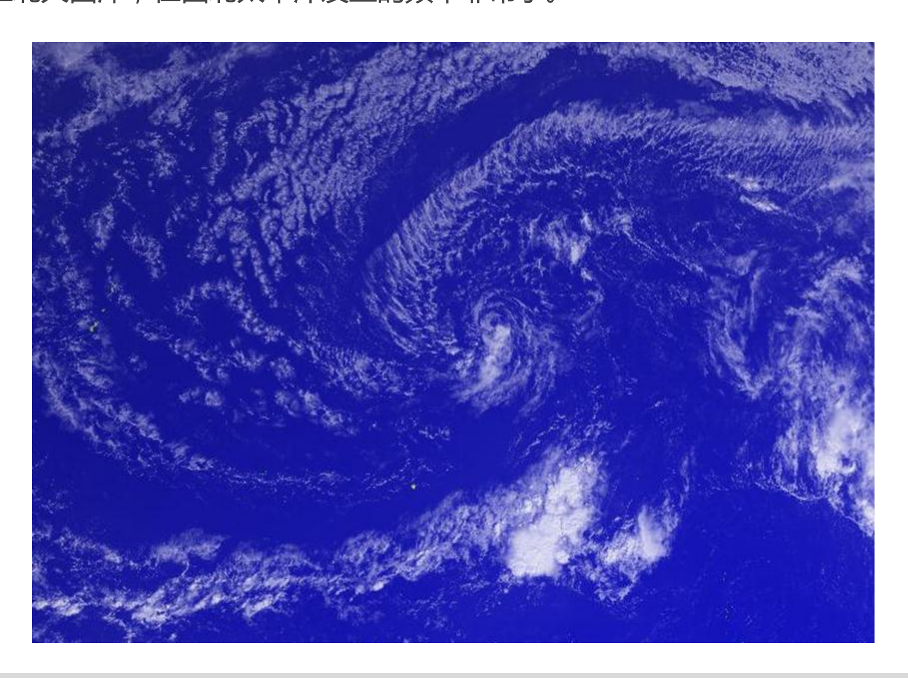


图 2-5　从温带气旋转化成的热带扰动（后发展成 0822 号台风"白海豚"）

练习

1.热带辐合带在 7-8 月位于北半球还是南半球？

2.温带气旋转为热带气旋与高空冷涡转为热带气旋的频率哪个高？

台风发展的条件

从上一节中我们了解到，台风都是从热带扰动发展而来。那台风的发展又需要哪些条

件呢？

由第 1 节的内容我们知道，热带气旋的能量来源是水汽抬升释放的潜热。那么台风的发展就和以下因素有关：

1.**低空含有大量水汽的空气流入。**台风在地面和对流层中、低层是强大的低压涡旋系统，周围空气有大量流入。而空气中携带的水汽被抬升到高空后由于环境温度低液化或凝华，由初中物理我们可知，液化和凝华放出潜热，这些潜热的释放就是维持暖心低压涡旋的能量来源。

通常，SST（海水表面温度）越高，蒸发的水就越多，空气的水汽含量越多，所以高的 SST 有利于台风发展。另外，如果有西南季风的支持，那么台风能接受的水汽就更多。所以，**高海温和外界水汽支持是支持热带气旋发展的重要环境条件。**

2.**水汽被顺利地抬升至空中。**只有在流入的水汽顺利地被抬升至空中，才能将海面的热量传输至高空释放。顺利的抬升就需要微弱的**垂直风切变**（Vertical Wind Shear，在台风讨论中可以简称为风切）。

垂直风切变是对流层高低层风的矢量差，也就是对流层高低层风速、风向的差。假设一个点 200hPa 层面（海拔 12000 米上下）的是 15kt 的东风，850hPa 层面（海拔 1400 米上下）是 10kt 的西北风，那么此地的风切就可以用下图的方式计算，最后的结果大约是 23kt，对于一般台风属于中强风切。

200hPa層面風速風向 850hPa層面風速風向

垂直風切變（風矢量差）

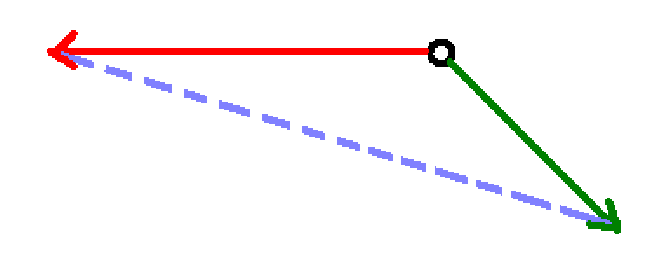


图 2-6　垂直风切变示意图

如果风切高，高低层风向不一样，那么空气就难以被聚集到一处，能量也会变得很少，就好比点燃一根蜡烛，并把手放在蜡烛上方大约 30cm 处，如果对着手下方用力吹气，那么手就感受不到蜡烛传递的热量了，风切和这个是一个道理。**风切弱也是支持热带气旋发展的一个重要环境条件。**

3.**高空流出打开**。台风的加强除了需要低空流入，**还需要通畅的高空流出**。如果没有高空流出，气流只进不出，热带气旋的气压会越来越高，最后和周围气压相同，风速也会随气压上升越来越弱。

有些热带扰动在发展中能建立自己的**高空反气旋**（High Level Anticyclone，也就是第二节开头中提到的**高空高压**），从而打开高空流出。

在夏季的对流层顶层（海拔 1 万米上下，也就是 100~300hPa 层面）有一个巨大的高压系统称作为**南亚高压**（South Asia high，又称**青藏高压**或**亚洲季风高压**），当热带气旋位于南亚高压脊的南方时，南亚高压南侧的东北风会帮助热带气旋打开向**赤向流出**（在北半球就是向南的流出）。

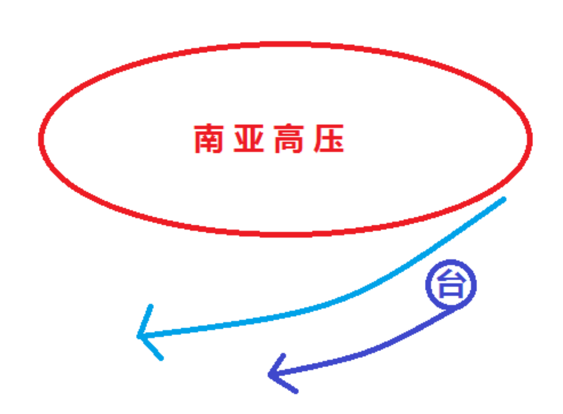


图 2-7　南亚高压打开台风赤向流出的示意图（浅蓝色为南亚高压南侧气流，深蓝色为台风流出）

在台风越过副热带高压脊线由东北转向为西北的时候，会靠近副热带高压以北的**西风急流**(Weaterly Jet，位于对流层顶层，也就是 100~200hPa)，西风急流可以为热带气旋提供**极向流出**（在北半球为向北的流出）。

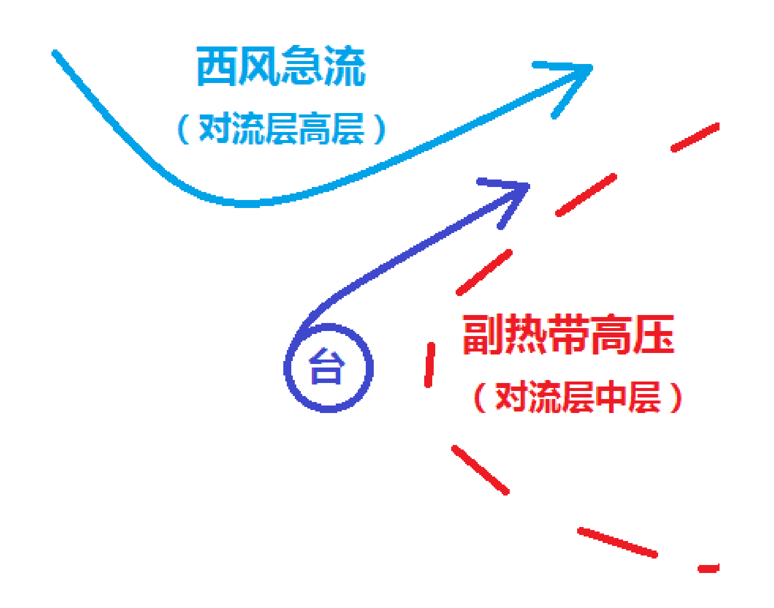


图 2-7　西风急流打开台风极向流出的示意图（浅蓝色为西风急流，深蓝色为台风流出）

另外，高空的低值系统，如**热带对流层上部槽**（Tropical Upper Tropospheric Trough，简称 TUTT，可在 100~300hPa 天气图中南亚高压东方看见）、高空冷涡等，在一定条件下也能提供良好的高空流出。

思考：了解了利于台风发展的环境，请问不利于台风发展的环境主要有哪些？

不利于台风维持的环境以及台风的消亡

任何天气系统都是有发展有消亡，台风也不例外。在不利于台风发展的条件盛行时，台风就会减弱甚至消散，至于是减弱还是消散要看不利条件的大小、持续时间与台风的强弱。

不利于台风发展的条件主要有如下几点。

1.**陆地破坏结构**。这个大家都比较熟悉，登入陆地后，由于离开海面，缺少水汽支援，加上地面摩擦，台风很快减弱，最终到了内陆会消散。另外如果台风处在大片高大山脉的附近，山脉会破坏台风的结构并阻碍台风的水汽流入。

2.**SST 过低**。要维持热带风暴等级，SST 需要至少 26.5℃。一旦 SST 太低，又没有足够水汽来源，台风无法维持自身系统而消散。这种消散方式在冬春季和深秋的台风中比较多。

2.**环境风切过强**。强风切会导致水汽抬升不足，台风会彻底快速地瓦解。一般当风切在 20kt 及以上时，台风的结构就会受到一定影响；风切在 30kt 以上时，台风就会受到严重破坏。

另外还有热带气旋处于副热带高压内部导致气流无法抬升等，这些将放到《必修 2》内深讲。

综上所述，我们可以推导出台风消散的主要方式，也就是**登陆消散**、**因海温过低消散**和**因风切过强解体**。

另外，相当一部分热带气旋在越过副热带高压，进入温带后，受到西风带**斜压**

（Baroclinic）性质的影响，加上中纬度海温较低，气旋中心会逐渐变冷，即变性为**温带气旋**，温带气旋不再以水蒸气抬升释放的潜热作为能量来源。关于温带气旋的详细信息将放在《必修二》中讲解。

3 台风的结构

台风的水平结构

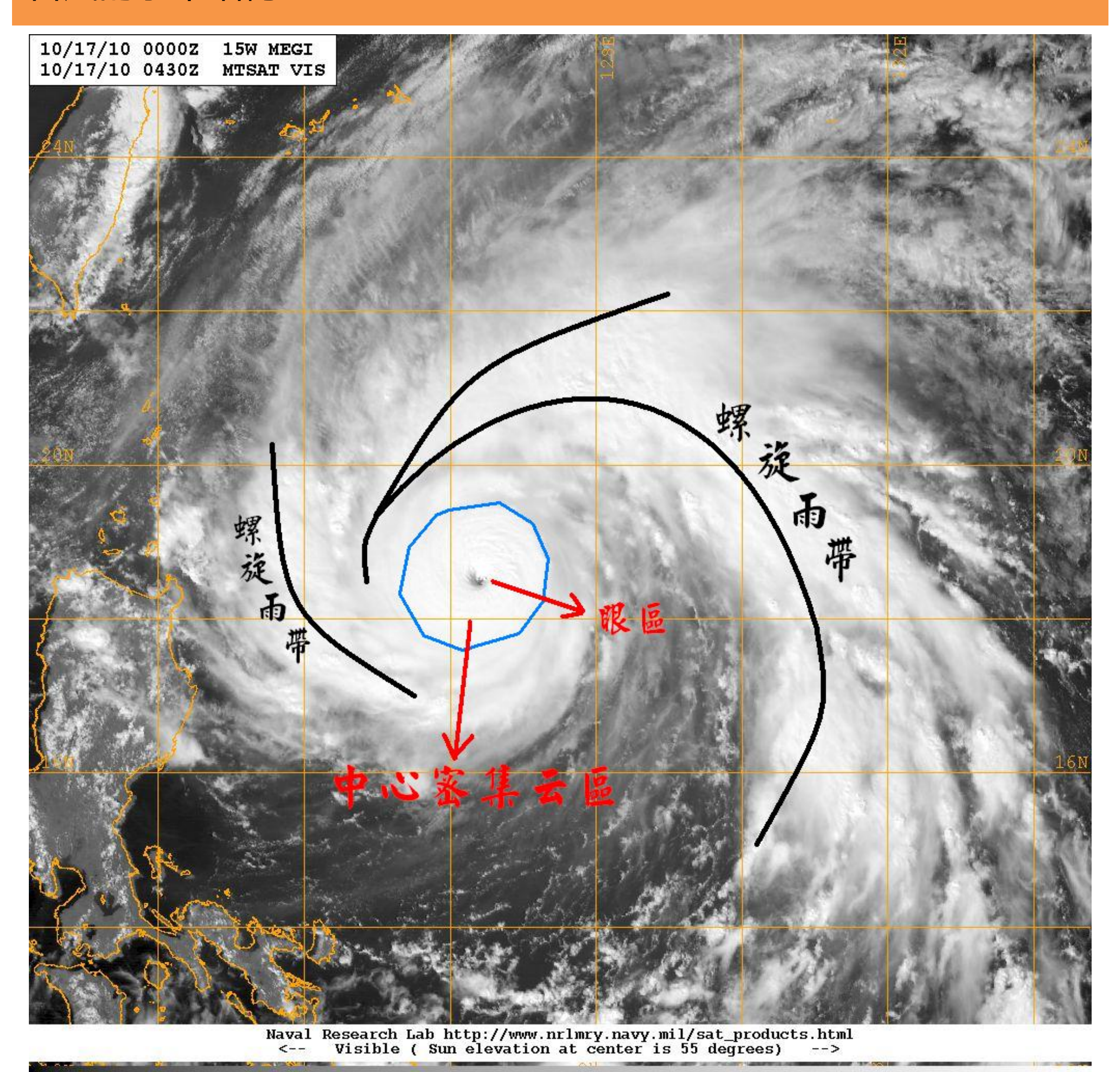


图 3-1　1013 号超强台风“鲇鱼”的可见光特写云图

从云图上看台风的垂直结构，主要分为三个部分：

1.**外围螺旋雨带区**：台风的外围是螺旋雨带，台风外围的地面有着较为猛烈的降雨和吹向中心的大风。

2.**近中心区**：云图上看，台风中心附近云顶温度非常低，这意味着云顶海拔高，而云顶高度就越高反映对流活动越强烈，对流强烈的地区有着强烈的降雨（一小时降雨量一般有

50~100 毫米甚至以上）和剧烈的抬升（对应地面就是强烈的风），由此可知，**台风中心附近一般是台风风力最强、降雨最剧烈的区域。**

云图上一些台风中心附近的对流非常强，云系紧密，这一区域被称为**中心密集云区**（Central Dense Overcast，简写为 CDO），CDO 一般在强热带风暴以上级别才会具备，强热带风暴以下级别热带气旋的这一区域被称为**中心强对流区。**

3.**风眼区**（EYE）: 台风强烈发展后，由于旋转风过快产生离心力，和流向中心的向心力平衡，导致低层空气无法流入中心，于是在台风中心产生了一个圆形的接近无风的区域，称作**风眼**。但是，由于台风是不断移动的，受海水惯性影响，台风眼的海浪仍然很大。**较弱台风由于旋转风较弱，没有风眼结构。**

思考：由于离心力和向心力平衡，所以地面流入空气无法流入风眼，但风眼并不是真空的，那么风眼的中空气是从哪里来的呢？为何风眼盛行微弱下沉气流？

台风的垂直结构

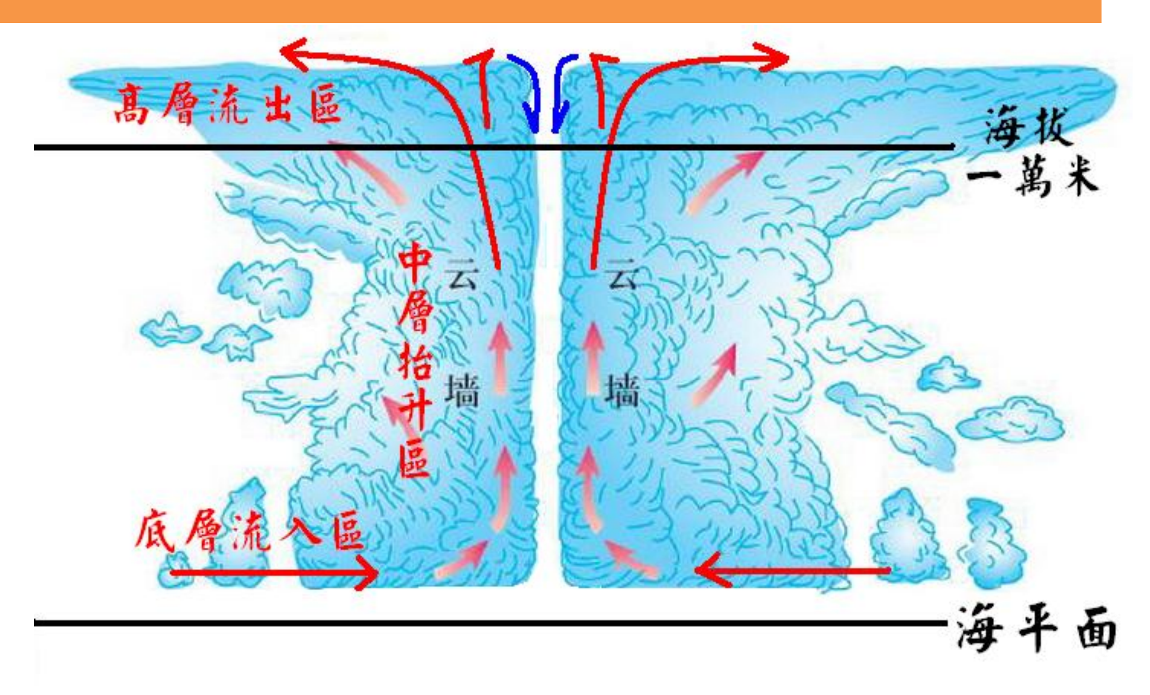


图 3-2　（修改自人民教育出版社高中地理必修一 P48）

通过上图我们就可以大概了解台风的垂直结构，台风的垂直结构分为**底层流入区**（海平面和对流层底层）、**中层抬升区**（对流层中层）和**高层流出区**（对流层顶）。各个部位的形成都已经在第二节中讲解过了，同学们可以翻到第三页自行查阅。

至于上一节尾中的“思考”的答案，大家要到上图中风眼的顶端寻找：台风的抬升气流在升入顶层后，大部分沿顺时针方向流出，另一部分则逆时针流入风眼，这一部分气流就是风眼中空气的来源；逆时针流入风眼的空气下沉至风眼的海平面，所以风眼中盛行下沉气流。

4 热带气旋强度的定义

天气预报中，只要提到有台风活跃，每一次都必定会提到“热带风暴 XXX”、“台风 XXX”、“超强台风 XXX”之类的描述，有的时候还会提到“近中心最大风速有 15 级”之类的较为具体风力级别，那么这个强度级别是怎么划分的呢？

持续风速与瞬时风速

风速是指空气指点的流动速度，既然是速度就有平均速度和最大速度两者的区别，在风速中，分别称为**持续风速**(Sustained Wind Velocity)**和瞬时风速**(Instantaneous Wind Velocity，又译**阵风风速**)。

以下摘自日本气象厅对于台风的标准报文，其中分别用“**MXWD**（Max Wind 的缩写）”和“**GUST**”表示持续风速和瞬间风速。

NAME STS 1109 MUIFA (1109)

ANALYSIS

PSTN 070900UTC 33.9N 123.8E GOOD

MOVE N 13KT

PRES 975HPA

MXWD 060KT

GUST 085KT

瞬时风速是指风速仪器在某一个时间点测到的风速，由于风速的快慢是时刻变化的，所

以瞬时风速也是十分不稳定的，虽然也可以有一个最大值，但是这个最大值的偶然性非常强，所以一般不用最大瞬时风速代表台风的强度。

持续风速又称为**平均风速**（Average Wind Velocity），是取一段时间（一般用分钟作为单位）并对这一段时间中每个时间点测到的所测到的瞬时风速进行滑动平均处理，得出的风速较为可靠稳定，**我们一般所说的“台风近中心最大风速”，就是指最大平均风速。**

此后的教材正文和标题中，所提到的“热带气旋最大风速”，如果未特别注明均指热带气旋底层中心附近最大平均风速。

平均风速是一个时间段瞬时风速的平均，但是这个“时间段”的取值是因国家而异的。

现在国际上主要使用的有**一分钟平均风速**（也就是一分钟内瞬时风速的滑动平均值）和**十分钟平均风速**。也有国家使用**两分钟平均风速**、**三分钟平均风速**等特殊计量方式，以上三种计量方式中，**世界气象组织（WMO）推荐使用十分钟平均风速。**

计量方式	主要使用机构
一分钟平均	美国国家飓风中心、联合台风警报中心、中太平洋飓风中心
两分钟平均	中国气象局
三分钟平均	印度气象部
十分钟平均	日本气象厅、澳洲气象局、法国气象局、台湾中央气象局、香港天文台等

常用风速单位与蒲福风级

计量风速的常用单位有**米/秒**（Meter Per Second，简写 m/s）、**节**①（Knot，简写 **KT**）、**千米/小时**（Kilometer Per Hour，简写 km/h）和**英里/小时**（Mile Per Hour，简写 mph）。

①即**海里/小时**(Nautical Mile Per Hour)。

其中的换算关系是：

1kt≈0.5144m/s　　1km/h=1.852kt=3.6m/s　1mph≈1.151kt≈0.621km/h①

英国人**蒲福**(Beaufort)在 1805 年根据风对地面(或海面)物体影响程度拟定的等级，自 0-12 共 13 个等级，称**蒲福风级**（Beaufort Scale），后人根据蒲福的描述将蒲福风级具体到与风速对应。自 1946 年以来，风力等级作了某些修改，增到 18 个等级。在风速单位普及的情况下，欧美国家早已经弃用蒲福风级，但目前中国等发展中国家出于蒲福风级利于普及的考虑仍然在使用蒲福风级。

风速-风级-风压对照表

风级	名称	风速		风压 $W0=V^2/16$	陆地地面物体征象
		千米/时(km/h)	米/秒（m/s）	10 牛顿/平方米（$10N/m^2$）	
0	无风	<1	0-0.2	0-0.0025	静
1	软风	1-5	0.3-1.5	0.0056-0.014	烟能表示方向，但风向标不动
2	轻风	6-11	1.6-3.3	0.016-0.68	人面感觉有风，风向标转动
3	微风	12-19	3.4-5.4	0.72-1.82	树叶及微枝摇动不息，旌旗展开
4	和风	20-28	5.5-7.9	1.89-3.9	能吹起地面纸张与灰尘
5	清风	29-38	8.0-10.7	4-7.16	有叶的小树摇摆
6	强风	39-49	10.8-13.8	7.29-11.9	小树枝摇动，电线呼呼响
7	疾风	50-61	13.9-17.1	12.08-18.28	全树摇动，迎风步行不便
8	大风	62-74	17.2-20.7	18.49-26.78	微枝折毁，人向前行阻力甚大
9	烈风	75-88	20.8-24.4	27.04-37.21	建筑物有小损
10	狂风	89-102	24.5-28.4	37.52-50.41	可拔起树来，损坏建筑物
11	暴风	103-117	28.5-32.6	50.77-66.42	陆上少见，有则必有广泛破坏
12	飓风	118-133	32.7-36.9	66.42-85.1	陆上极少见，摧毁力极大
13		134-149	37.0-41.4		
14		150-166	41.5-46.1		
15		167-183	46.2-50.9		
16		184-201	51.0-56.0		
17		202-220	56.1-61.2		

图 4-1　风速、风级、风压对照表

附：风级记忆口诀

零级烟柱直冲天，一级青烟随风偏，二级轻风吹脸面，三级叶动红旗展，四级枝摇飞纸片，五级带叶小树摇，六级举伞步行艰，七级迎风走不便，八级风吹树枝断，九级屋顶飞瓦片，十级拔树又倒屋，再高陆上很少见。

① 一般换算精确到整数位（至多小数点后 1 位）即可。

世界各国对于台风强度的分级

世界气象组织推荐（使用十分钟平均风速），并建议将热带气旋分为如下四个等级：

＜34kt　Tropical Depression（热带低气压）

34~47kt　Tropical Storm（热带风暴）

48~63kt　Severe Tropical Storm（强烈热带风暴）

＞63kt　Typhoon/Hurricane（台风/飓风）

建国初期，中国气象局仅把台风分为两个级别：蒲福风级 8~11 级为“台风”，12 级及以上为“强台风”。在 1989 年后采用世界气象组织推荐的四等级法（但是仍然使用两分钟平均风速），2006 年增加“强台风”和“超强台风”两个等级，具体分级如下：

10.8~17.1m/s　热带低压（Tropical Depression，简写为 TD）

17.2~24.4m/s　热带风暴（Tropical Storm，简写为 TS）

24.5~32.6m/s　强热带风暴（Severe Tropical Storm，简写为 STS）

32.7m/s~41.4m/s　台风（Typhoon，简写为 TY）

41.5m/s~50.9m/s　强台风（Severe Typhoon，简写为 STY）

＞50.9m/s　超强台风（Super Typhoon，简写为 SuperTY）

在中国大陆增设 STY 和 SuperTY 两个等级后，香港天文台和澳门地球物理暨气象局（均使用十分钟平均风速）也增设了这两个级别。

美国本土和海外均使用**萨菲尔-辛普森飓风分级**（Saffir-Simpson Hurricane Scale，简称 **SSHS**）：

≤33KT　热带低压（Tropical Depression，简写为 TD）

34KT-63KT 热带风暴（Tropical Storm，简写为 TS）

63KT 以上统称为飓风（Hurricane）、台风（Typhoon）或旋风（Cyclone），又分为：

64~82 KT 一级（CATEGORY 1，简写为 C1）

83~95 KT 二级（CATEGORY 2，简写为 C2）

96~113 KT 三级（CATEGORY 3，简写为 C3）

114~135 KT 四级（CATEGORY 4，简写为 C4）

＞135 KT 五级（CATEGORY 5，简写为 C5）

日本气象厅有两套分级方法，国际发报使用世界气象组织推荐的四等级法，但国内另行一种分级方法：

≤33 KT 热带低压（热带低気圧）

34KT~63 KT 台风（台風）

64~84 KT 台风 - 强（台風 强い）

85~104 KT 台风 - 特强（台風 非常に强い）

≥105 KT 台风 - 猛烈（台風 猛烈な）

斐济、澳大利亚的热带气旋分级方法也有一级~五级，但与美国使用的 SSHS 不同，请勿混淆：

≤33 KT 热带低压（TD）

34~47 KT 一级气旋（Cyclone Category 1，以下均将"Category"简写为"C"）

47~63 KT 二级气旋（Cyclone C2）

64~84 KT 三级气旋（Cyclone C3）

85~107 KT　四级气旋（Cyclone C4）

＞107 KT　五级气旋（Cyclone C5）

印度气象部使用三分钟平均风速，其分类标准也与众不同：

＜28 KT　低压区（Depression）

28~33 KT　深低压（Deep Depression）

34~47 KT　气旋风暴（Cyclonic Storm）

48~63 KT　强烈气旋风暴（Severe Cyclonic Storm）

64~119 KT　特强气旋风暴（Very Severe Cyclonic Storm）

≥120 KT　超级气旋风暴（Super Cyclonic Storm）

5 世界范围内台风的命名与编号

各大洋区的区域专业气象中心和热带气旋警报中心

热带气旋的国际编号/命名的权限是交给各大洋区**区域专业气象中心**（Regional Specialized Meteorological Centre，简称 **RSMC**）和**热带气旋警报中心**（Tropical Cyclone Warning Centre，简称 **TCWC**）负责的，各区域的 RSMC 一般由**该区域气象预测能力最强的机构担当**，负责大片洋区热带气旋的编号和警报；TCWC 则负责小片洋区热带气旋的警报。

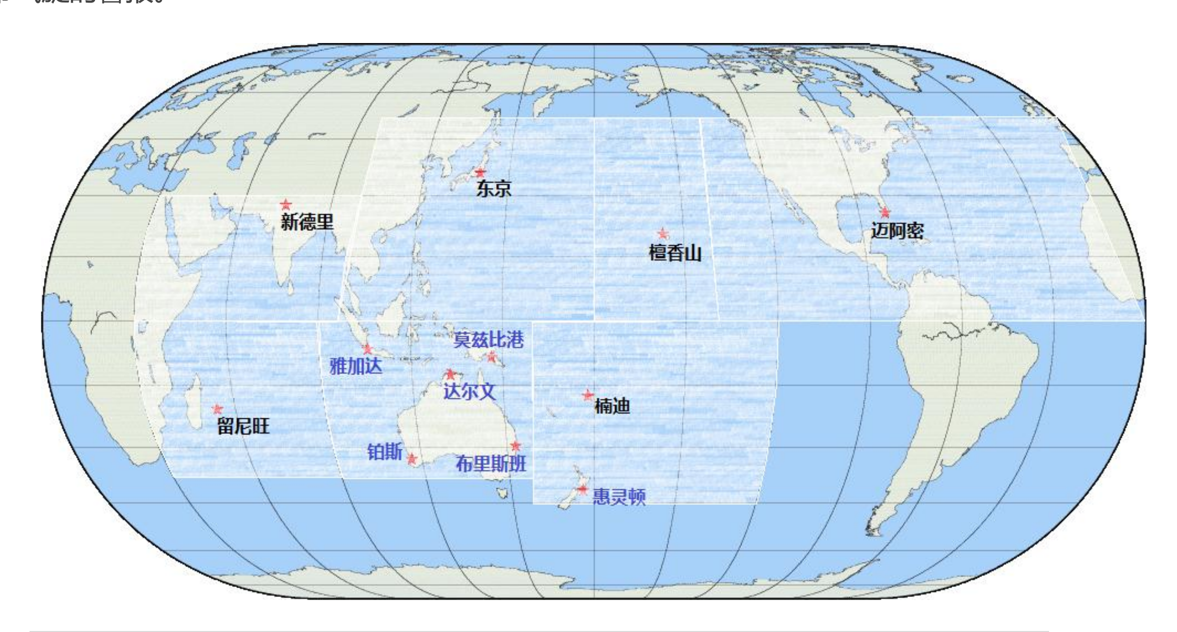


图 5-1　目前各大洋区域专业气象中心（黑色）和热带气旋警报中心（蓝色）分布

东京对西北太平洋台风的监测

东京区域专业气象中心（RSMC-Tokyo，下属于日本气象厅）负责西北太平洋（赤道以北、国际换日线以西的太平洋）热带气旋的国际编号、命名，下面我们就来了解一下它对于热带系统的监测流程。

如果**日本气象厅**（Japan Meteorological Agency ，简称 JMA）认为一个热带云簇具

有发展为热带气旋的可能性，它将会在地面天气图上将这个热带云簇标注为“L”，代表**低压区**（Low Pressure Area）。

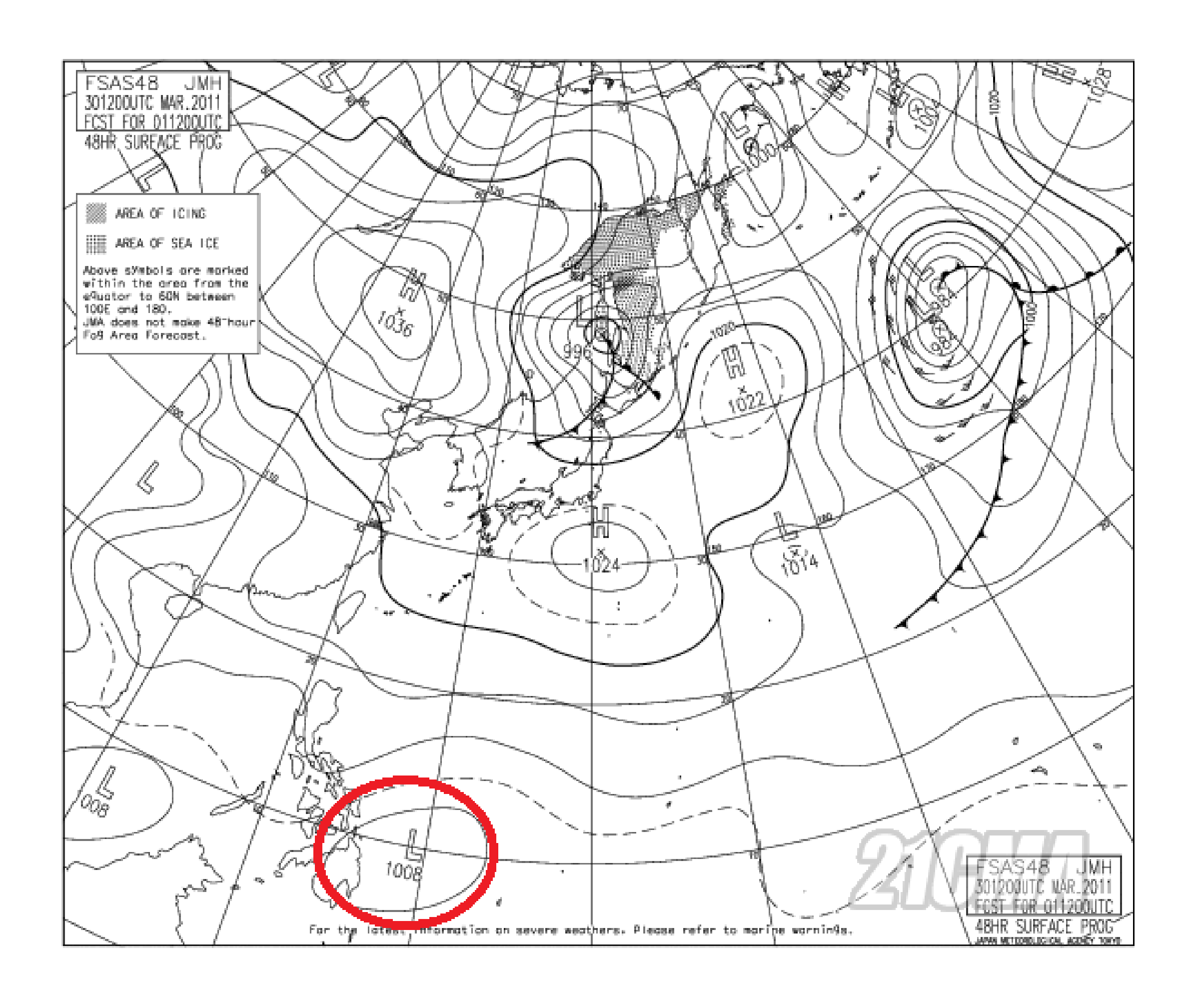


图 5-2　日本气象厅地面天气图标注的低压区

如果这个低压区进一步发展，并具有一定的气旋性地面环流，日本气象厅就会将其评定为**热带性低气压**（TD）。

如果 JMA 通过德沃夏克分析法①分析、风场扫描②或船舶浮标实测能推测出这个热带性低气压中心附近最大风力（十分钟平均）达到 28~33kt，日本气象厅将针对热带低压向海上船舶发出**警报**（Warning），并在地面天气图上增加一个用中括号括起的“W”。

① 估计热带气旋中心风速的一种分析法，1984 年在世界气象组织通过，普及到国际。
② 通过卫星扫描海浪状况推测海平面风速的一种方法。

如果 JMA 通过分析环境场和参考数值预报认为一个热带性低气压在 24 小内很可能发展成为热带风暴，那么日本气象厅将会发出**烈风警报**（Gale Warning），在地面天气图上将用中括号括起的“W”换为“GW”。

更重要的是如果发出 GW，JMA 会单独向世界气象组织发出报告，并将热带低压的详细信息标注在日本气象厅网站的台风监测网页上。

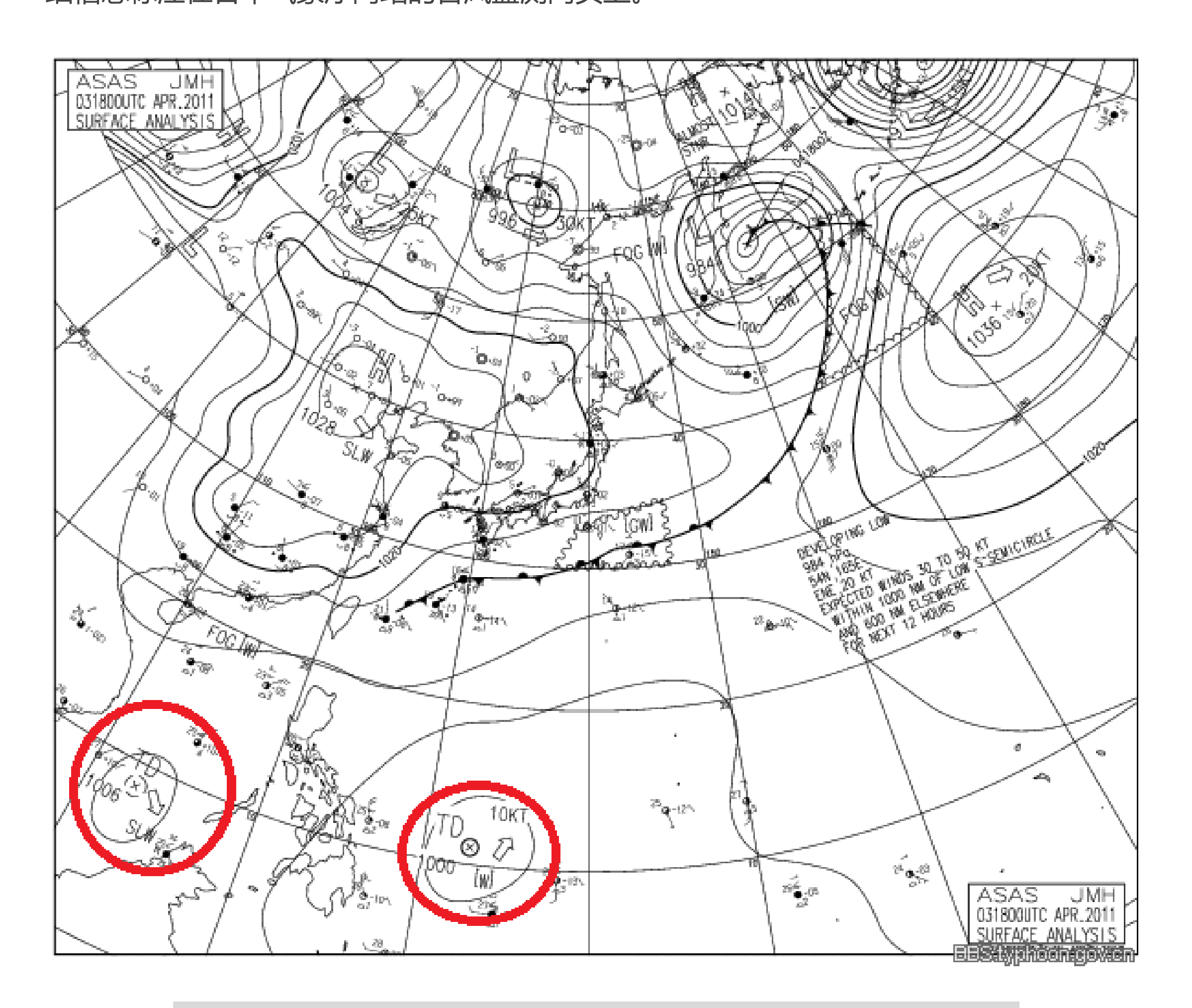


图 5-3　日本气象厅天气图标注的热带性低气压（左）和警报（右）

如果通过上述分析方法，能推测出这个热带性低气压中心最大风力达到 34kt 及以上，JMA 就会对其进行国际编号，并按照顺序根据西北太平洋和南海热带气旋命名表①给予名称，这个名称就是热带气旋的**国际名称**。

① 参见附录。

在台风的生命历程中，JMA 会至少每隔 3 小时对热带气旋进行一次定位和评定，并公报结果，如果热带气旋接近日本，则会每隔一小时公报一次，直到热带气旋远离日本。

如果 JMA 认为这个热带气旋的强度已经低于 34kt 会将其降格为热带低压，并监测一段时间直到消散；但是如果这个热带气旋汇入西风槽，并入锋面并转为温带气旋，那么日本气象厅就会在降格热带低压后立刻停止编号（甚至可能在风速高于 34kt 的情况下停止编号），原因是这个系统已经不属于热带气旋范畴，接着日本气象厅会对其作为温带气旋继续监测，风迷可以在天气图上查看。

其他机构对于热带气旋的命名和编号制度

虽然 JMA 给的编号是“国际编号”，但是即使在西北太平洋也有不按日本编号来的。

由于 JMA 经常低估南海台风的强度，所以有一些逼近中国的热带低压，当中国认为热带低压已经加强到热带风暴的强度时，JMA 有时不会命名，所以中国气象局（China Meteorological Administration ,简称 CMA ）或香港天文台（Hong Kong Observatory，简称 HKO）就会自己升格热带低压为热带风暴并发报，但不会私自命名。

但是菲律宾则不同，**菲律宾大气地球物理及天文服务局**（Philippine Atmospheric, Geophysical & Astronomical Services Administration，简称 **PASAGA**）有一套独立台风监测办法，对在其监测范围内的热带气旋命名，PASAGA 的命名表全部都是人名，4 年一次循环。

迈阿密区域专业气象中心（下属于美国海洋大气管理署，下文提到的檀香山同）的规定则是：只要热带系统达到**热带低压**强度就会拥有一个编号（但是这个编号并不是不变的，在每年的年鉴当中还会修改）达到热带气旋强度再进行命名。**檀香山区域专业气象中心**同样。

美军**联合台风警报中心**（Joint Typhoon Warning Center，简称 JTWC）也下属于美

国海洋大气管理署，对于世界各地的热带气旋都有监测。JTWC 的编号方式与迈阿密和檀香山类似，但是 JTWC 给予热带气旋的编号是恒定不变的。

迈阿密、檀香山和美军对于热带气旋的编号格式分为正式格式和简写。

正式格式为“正式洋区代号+序号+年份”，简写格式为“序号+洋区简代号”。如西北太平洋 2011 年的第一个热带气旋被编为 WP012011，简写为 01W。

洋区名	正式代号	简代号	洋区名	正式代号	简代号
西北太平洋	WP	W	东北太平洋	EP	E
北大西洋	AL	L	孟加拉湾	IO	B
阿拉伯海	IO	A	南印度洋	SH	S
南太平洋	SH	P	南大西洋	SH	Q

南半球的 RSMC 和 TCWC 做法与美国比较相似，也是**先编号再进行命名**，其中澳大利亚的 3 个 TCWC 是共用一套命名表的；惠灵顿的 TCWC 和楠迪的 RSMC 共用另一套命名表，其他每一个 RSMC 或 TCWC 都有自己一套独立的命名表。

6 台风的监测与警报及数值预报

主要主观机构的监测与警报

每当台风来临时，西北太平洋各大机构都会对其监测区域内的台风发出**公报**（bulletin，内容主要包括热带气旋的定位、强度与趋势预测），当台风接近机构的警戒区域时，便会发出**警报**（Warning，内容主要包括热带气旋可能影响的范围、时间与影响程度），下面我们就来了解一下各大机构发布这两种报告的机制吧。

西北太平洋的区域专业气象中心 RSMC-tokyo 下属于**日本气象厅**（Japan Meteorological Agency，简称 **JMA**）。JMA 的责任范围为 0-60°N，100-180°E。在其责任区内的热带气旋每 3 小时进行一次公报，对接近日本的热带气旋 1 小时 1 一报，一般情况下每日公报的基准时间是 00、03、06、09、12、15、18、21 时，热带气旋命名的基准时间则为 00、06、12、18 时（均为协调世界时，即北京时间-8 小时）。

公报一般在基准时间后约一小时签发（所有机构都是如此），也就是说我们在基准时间的约一小时后能在日本气象厅热带气旋监测网页上看到日本气象厅的公报。

中国气象局（China Meteorological Administration，简称 **CMA**）的责任范围与日本气象厅相同。但是中国气象局有两条警戒线，分别是“48 小时警戒线”和“24 小时警戒线”，意味着热带气旋在 48 小时（24 小时）内将会开始影响我国本土。

在 48 小时警戒线外，中国气象局对热带低压以上级别的热带系统发出公报，每 6 小时一报，分别在北京时间 02 时、08 时、14 时和 20 时发出；如果热带气旋进入 48 小时警戒线，将会改为每 3 小时一报，也就是在 05 时、11 时、17 时、23 时增加热带气旋公报；如果进入 24 小时警戒线则一小时一次公报。

中央气象局会在台风即将来临之时发布全国性的台风预警，预警分为蓝、黄、橙、红四

种级别，具体划分见维基百科热带气旋警告词条。

地方气象局的预警信号依各地规定而异，在这里不做更多的介绍，感兴趣的读者可参考维基百科热带气旋警告词条（链接见上）。



图 6-1　中国气象局的台风警戒线

香港天文台（Hong Kong Observatory，简称 **HKO**）和**澳门地球物理暨气象局**(Direcção dos Serviços Meteorológicos e Geofísicos ,简称 **SMG**)的责任范围都是 140E 以西的西北太平洋和南海，在其责任区内的热带气旋六小时一次公报，时间与中国气象局相同。当热带气旋距离香港（澳门）小于 800 公里时，HKO 和 SMG 会考虑在城内悬挂**风球**（Typhoon Signal），也就是我们所说的发出台风警报。港澳的“风球”分为 5 个等级，香港澳门措辞略有不同：

香港称呼	澳门称呼	标准
一号戒备信号	一号风球	热带气旋中心距离城市小于 800km，可能构成影响

三号强风信号	三号风球	持续风达 41~62km/h，阵风可能超过 110km/h
八号烈风或暴风信号	八号风球	持续风达 63~117km/h ,阵风可能超过 180km/h
九号烈风或暴风增强信号	九号风球	烈风或暴风将显著加强，预料将会严重影响
十号飓风信号	十号风球	持续风 118km/h 以上，阵风可能达 220km/h

台湾**中央气象局**（Central Weather Bureau）的责任范围同日本气象厅，也是每 6 小时一次公报，但是其未来趋势预报中仅有未来路径，没有未来强度预报，只有当台风靠近台湾时才会有更详细的预报。

若 CWB 预测台风之 7 级风暴风范围可能侵袭台湾或金门、马祖 100 公里以内海域时之前 24 小时，应即发布各该海域**海上台风警报**，以后每隔 3 小时发布一次，必要时得加发之。

如果台风进一步靠近，CWB 预测台风的七级风暴风范围可能侵袭台湾或金门、马祖陆上时之前 18 小时 ,即发布**海上陆上台风警报**。之后每隔 1 小时发布一次 ,必要时得加发之。

如果台风之 7 级风暴风范围离开台湾及金门、马祖陆上时，应即解除陆上台风警报；7 级风暴风范围离开台湾及金门、马祖近海时，应即解除海上台风警报。台风转向或消灭时，得直接解除台风警报。

主要数值预报模式

数值天气预报（Numerical Weather Prediction）是以经过分析和初值化的某时刻气象观测资料为初值,在电子计算机上用数值方法求解大气动力学和热力学方程组从而作出的天气预报。简单来说就是利用电脑运算进行天气预报，数值预报结果是完全客观的，且部分数值预报使用超级计算机，准确率比主观预报一般要高。

比较著名的数值预报模式有：**欧洲中心中期数值预报**（European Centre for Medium-Range Weather Forecasts，简称 **ECMWF** 或 **EC**）、**全球预报系统**（Global Forecast System，简称 **GFS**）、**JMA 数值**、**中国 T639 数值**、**加拿大气象中心**（Canadian Meteorological Centre，简称 **CMC**）**数值**和**美国气候预测中心**（Climate Prediction Center）。

其中准确率最高的为 EC，其次为 GFS 和 JMA；另外，CMC 数值对于热带系统的敏感度在这几个数值模式中是最高的。

英文版天气在线中，包含了我们需要的大部分数值模式（如 CMC、JMA、CFS），大家可以点击参考。

7 驶流图分析台风短期路径

驶流与驶流图

影响台风移动方向、速度的作用力分为两大类：**内力与外力**，内力就是台风受地转偏向力影响体现出的向西或西北的力（地转偏向力涉及到高等数学，这里只做大概了解）。台风的内力非常微弱，只有在外力作用抵消或几乎无外力引导的情况下，内力的引导才会体现出来。当然，在热带气旋环流非常大、强度及其强时，内力也可以战胜较强的外力，比如历史上气压最低、环流最大的热带气旋——7920.TIP 发展的后期一度抵抗外力的引导西北行。

外力则是周围天气系统（如副热带高压、西风槽、赤道反气旋）和地形对于台风的作用力，天气系统和地形对于台风施力主要靠**驶流**（Layer Mean Wind，又称**引导气流**），驶流由气压梯度产生。

能引导台风移动的天气系统有很多，但是影响最大的是**副热带高压**（Subtropical High）。副热带高压是位于副热带对流层中层的动力高压系统，可以用 500hPa 高空天气图查看，副高内盛行下沉气流，天气晴朗高温。台风顺副热带高压边缘沿顺时针方向引动

多年观察证明，副热带高压是常年存在的，虽然冬季会显著减弱，但是反气旋环流仍然存在。副热带高压的形成将会放到《必修二》深讲。

驶流图则是把某几个高度层面的风速风向，取**平均值**后，画出的风向和风速分布图。有了驶流图，气象爱好者也可以对台风的移向做短期的预测。

由于驶流具有明显的分层性，也就是说对于不同强度的热带气旋，不同高度的引导作用不同，**一般地，中心气压越低，引导层面就越高。**

威斯康辛-麦迪逊大学**气象卫星合作研究所**（Cooperative Institute for Meteorological Satellite Studies，简称 CIMSS）为网友提供了实时的热带海域驶流图，

以供大家研究用。点此处查看

台风短期动向推测方法

利用驶流图对台风动向进行分析主要分为三步，接下来我们以进入南海的 1013 号台风“鲇鱼”——介绍。

一、确定台风的引导层面

首先，我们根据热带气旋强度来确定热带气旋的引导层面，上面的网页中，引导层面由高到低排列，依次为 **200-700hPa 层面**（即 200hPa 到 700hPa 层面的引导气流平均）、**250-850hPa 层面**、**300-850hpa 层面**、**400-850hPa 层面**、**500-850hPa 层面**和 **700-850hPa 层面**。对应成中国的分级方式，前两者是用作超强台风的动向分析，后面分别用于强台风、台风、（强）热带风暴和热带低压等级的热带气旋动向分析。

根据中国气象局当时的评定，分析起始时刻鲇鱼强度为 52m/s，中心最低气压 940hPa，因此我们使用 300-850hPa 层面驶流图。

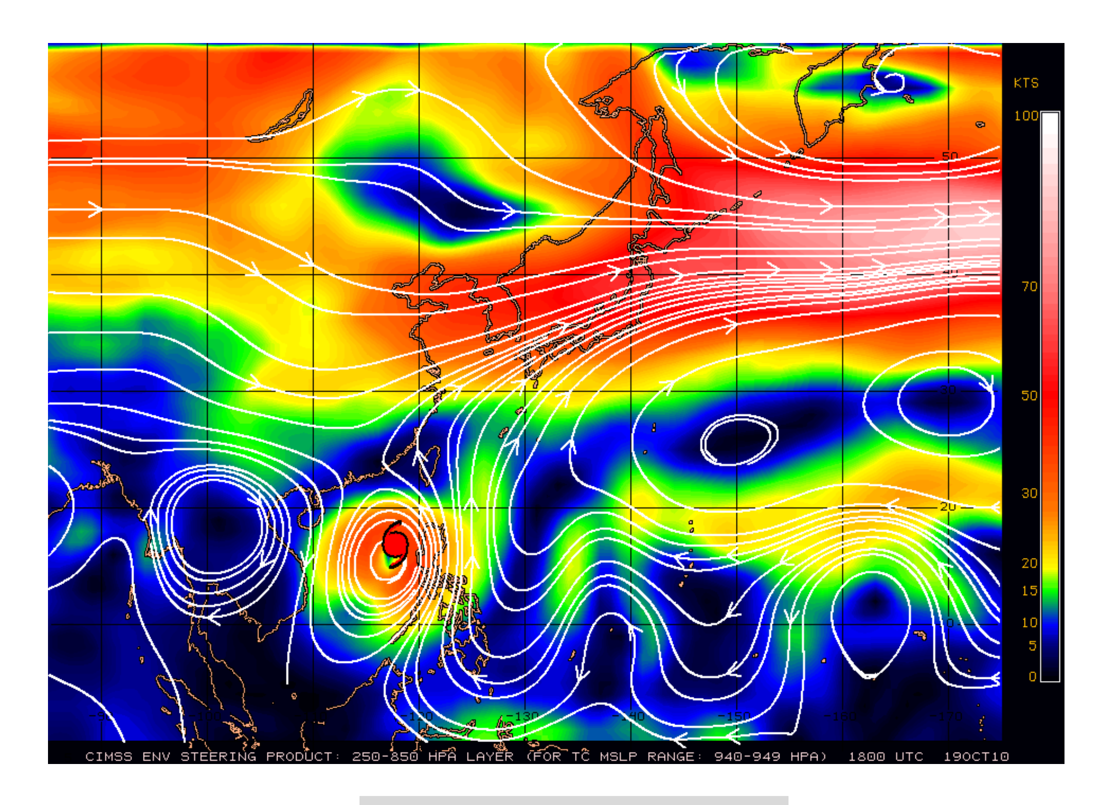


图 7-1　300-850hPa 层面驶流图

二、确定短期内对台风路径有影响的天气系统及引导方向

从图 7-1 中，**箭头代表引导方向，颜色代表引导气流强度**，颜色越亮引导气流越强。

我们可以从图中看出，对于台风路径有影响的系统主要是中南半岛上的副高西环和太平洋上的主副高；副高西环的引导方向为向西南西，而主副高由于形态不规则的引导方向则可以分成两个部分，看待，在台风东南侧施加的引导方向为北东北，在台风东北侧施加的引导方向为西北。

从图片的底色可以看出，主副高给台风的引导气流要强于西环副高，而向东北的气流强度强于向西北的气流。每一支气流为最终速度矢量提供不同的分量，因此我们需要将各支气流的方向和大小进行统一整合（矢量和），这样可以作出台风的受“力”分析。

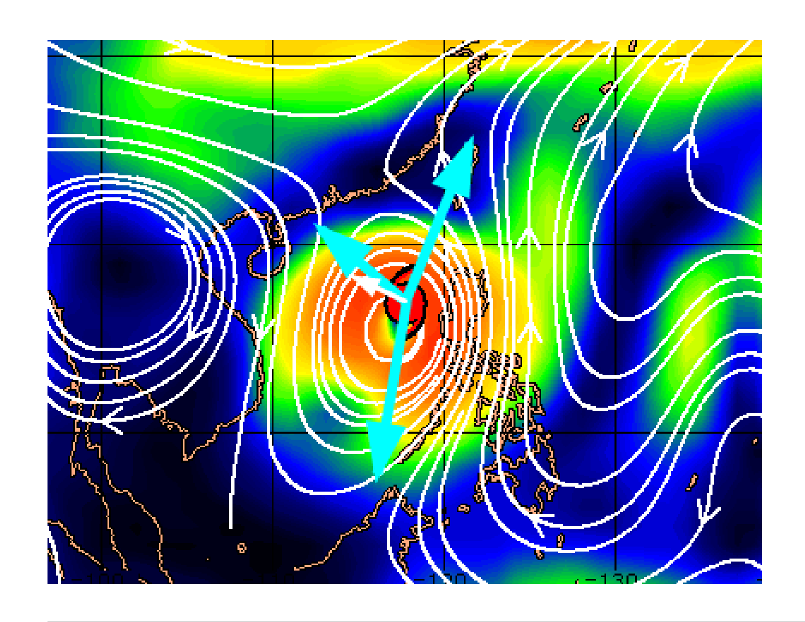


图 7-2　蓝色箭头长度代表引导强度，方向代表气流的去向（非来向），白色小箭头代表台风内力

三、进行矢量和计算，得出结论

再次说明，各支引导气流对台风的作用**并非**真正物理学意义上的“**力（Force）**”，**而是台风的速度矢量在不同方向上的分量。**在进行最终分析计算时，注意一定把表示各气流方向和大小的有向线段平移，使线段起点位于台风中心。

矢量和的计算需要可以应用类似于“**力的平行四边形法则**（Parallelogram of Forces）”的方法，两个力的合力计算方法如下。多个力的合力则可以分为多步进行，每一次将两个力的合力计算出来。另外也可以把各气流的速度“投影”到经向和纬向，然后进行分析。这种分析并不需要如同解物理题一样严格量化，而且这是经验性的工作，有时可以进行必要的微调

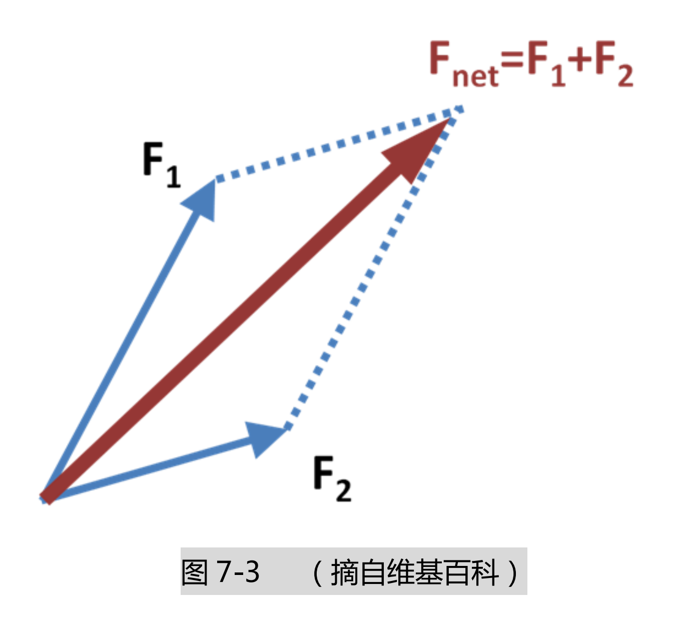


图 7-3　（摘自维基百科）

用上述方法计算台风所受的合力，大致的结果是合力向西北西方向，也就是说在台风周围大气环流情况变动不大的情况下内该台风会向西北西方向移动，一般这种方式推测台风路径，有效时间为 6~24 小时。

当然这种情况也有例外，比如 0608 号台风桑美从编号初期一直到登陆前，台风的引导方向变化都不大，所以桑美一直向西北方向稳定移动，路径接近直线。

分析台风短期动向的经验性要求较强，所以大家需要多加操作练习才能增大准确率。

8 主要台风之“最”简介

本节我们主要学习比较重要的台风之“最”。这些台风之“最”未经注明均以世界气象组织的认定为准。

一、有记录以来巅峰强度**最强**的热带气旋

7920 号台风 TIP 是有记录以来全世界海平面气压最低的热带气旋。它达到最低气压的时间是 1979 年 10 月 12 日，实测海平面气压 870 百帕斯卡，700hPa 层面最低位势 1944 位势米，但由于美国在 1997 年才开始空投探测仪测量热带气旋的海平面风速，所以 TIP 的最高风速——1 分钟平均风速 165 节，是根据高层风速和实测海平面气压推测的。

据世界气象组织认定，**6118 号台风 NANCY 是有记录以来全世界海平面风速最大的热带气旋**，海平面最大一分钟平均风速达到 185 节。虽然数据如此，但美军承认，二十世纪四十至六十年代的热带气旋风速评定数据过高。不过需要提起的是，NANCY 的最大探测风速为 200 节，这个数据持续了五报，且在 NANCY 接近关岛的一段时间中 JTWC 没有派飞机对 NANCY 进行实测，这些事情为 NANCY 保住“风速最大热带气旋”这顶王冠提供了条件。

另外值得一提的是，2005 年北大西洋的飓风 WILMA 是西半球气压最低的热带气旋，海平面最低气压一度达到 882hPa。

二、有记录以来环流**最大/最小**的热带气旋

7920 号台风 TIP 是有记录以来全世界环流最大的热带气旋，据可靠的地面观测，其八级风圈直径达 2200 千米。台风 TIP 巨大的环流和非凡的强度，导致可以抵抗副热带高压的

引导，维持西北行，直到接近台湾强度缩水后才转向东北奔向日本。在转向前，台湾一度发出海上台风警报，HKO 也曾提醒市民注意台风动向。

而据世界气象组织认定，**1974 年南太平洋热带气旋 TRACY 则是有记录以来全世界环流最小的热带气旋**，八级风圈直径仅为 95~100 千米（60 英里）。

然而，有些人对于这个数据抱怀疑态度，因为登陆中国的 7314 号台风 MARGE 据中国气象局认定，八级风圈直径仅为 60~100 千米，环流很有可能略小于 TRACY。

三、有记录以来一日增强幅度**最大**的热带气旋

据可靠实测，**8310 号台风 FORREST 是有记录以来全世界一日增强幅度最大的热带气旋**，1983 年 9 月 22 日到 23 日，该台风在 24 小时中气压从 976hPa 下降到 876hPa，风速从 65 节上升到 150 节，降压 100hPa，风速上升 85 节，这个速度是前所未有的。

但是 0922 号台风“妮妲（NIDA）”向这个记录发起了挑战，从美军的数据来看，2009 年 11 月 24 日 12 时往后 24 小时（协调世界时间），NIDA 的风速从 65 节急速上升到 155 节，超越了 FORREST，但是由于没有可靠的实测，NIDA 的飞跃并没有被承认。

四、有记录以来持续时间**最久**和行程**最长**的热带气旋

1994 年跨越东北太平洋、中北太平洋和西北太平洋三个洋区的热带气旋 JOHN（西北太平洋编号为 9420）是有记录以来持续时间最久和行程最长的热带气旋。其以热带风暴以上强度一共存在 31 天（1994 年 8 月 10 日到 9 月 10 日），行程 13280 千米。同时 JOHN 也是中北太平洋有记录以来最强的热带气旋之一，最高强度达 150 节。

五、有记录以来登陆除台湾外中国的**最强**热带气旋

登陆中国气压最低的热带气旋是 5606 号（CMA 编号 5612 号）台风 WANDA，登陆海平面气压实测 923 百帕斯卡，由于大部分风速计在强风中被毁，所以没有留下可靠的风速记录。（注：中国气象局早年热带气旋强度评定偏高离谱，仅供参考）

而**登陆中国风速最大的热带气旋是 7314 号台风 MARGE**，由于其巅峰在中国领海，没有留下巅峰飞机实测记录，但其登陆广东省博鳌镇（今属海南省）时一度录得 48 米/秒的十分钟平均风速，为中国第一平均风速记录；其登陆海平面气压实测为 937.8 百帕斯卡，但实测点不在中心，据估计其中心气压在 925.6hPa 左右。另外据海南气象台的根据风压的估计，7314 登陆时的最大风力约为 59 米/秒（推断见此，根据前后文为十分钟平均风速的可能性大）。

附录 西北太平洋地区热带气旋命名规则及命名表

因为海洋上可能同时出现多个热带气旋（在西北太平洋，最高记录是 5 个同时存在，这也是全球的记录），美国军方于关岛上设置的联合台风警报中心（现已移至夏威夷），在二次大战习惯对热带气旋给予名字，方便识别。最初的名字全为女性，后来在 1979 年加入男性名字。从 1947 年至 1999 年，西北太平洋及南海区域的热带气旋非正式地采用上述名字。

由 2000 年开始，西北太平洋的热带气旋命名表由世界气象组织台风委员会（英语：WMO Typhoon Committee）制订。共有五份命名表分别由 14 个委员国各提供两个名字组成，名字会由所提供国家的英文国名顺序使用。不同于大西洋及东北太平洋，循环使用(即用完 140 个后名称，回到首个重新开始)。日本气象厅会同时根据这一套新名单为这些热带气旋命名。这些名字及编号除了用于为国际航空及航海界发放的预测和警报外，亦是向国际媒体发放热带气旋消息时采用的规范名称。

在中国大陆与台湾，气象机构会为热带气旋的外文名就其发音和意义翻译。中国气象局、香港天文台及澳门气象局会商议一致的翻译，但由于实际管辖、有效统治台湾地区的中华民国政府并非世界气象组织台风委员会的委员，因此未跟随前者译名而自行翻译这些名字。

当热带气旋在某地区造成严重破坏，该地区可要求将其退役。为该热带气旋起名的国家会再提一个名字作替补。例如中国大陆及香港会由市民提名，再选出若干优胜名字，提交世界气象组织确认选择其中一个名字。

西北太平洋地区热带气旋命名表

名称来源地	I	II	III	IV	V
柬埔寨	达维	康妮	娜基莉	科罗旺	翠丝
中国大陆	海葵	银杏	风神	杜鹃	木兰

北朝鲜	鸿雁	桃芝	海鸥	舒力基	米雷
中国香港	鸳鸯	万宜	凤凰	彩云	马鞍
日本	小犬	天兔	天琴	小熊	蝎虎
老挝	布拉万	帕布	落鞍	蔷琵	轩岚诺
中国澳门	三巴	蝴蝶	（未定）	烟花	梅花
马来西亚	杰拉华	圣帕	鹦鹉	查柏加	苗柏
密克罗尼西亚	艾云尼	木恩	森拉克	尼伯特	南玛都
菲律宾	马力斯	丹娜丝	黑格比	卢碧	塔拉斯
韩国	格美	百合	蔷薇	银河	奥鹿
泰国	派比安	韦帕	米克拉	妮妲	玫瑰
美国	玛莉亚	范斯高	海高斯	奥麦斯	洛克
越南	山神	竹节草	巴威	康森	桑卡
柬埔寨	安比	罗莎	美莎克	灿都	纳沙
中国大陆	悟空	海燕	海神	电母	海棠
北朝鲜	云雀	杨柳	红霞	蒲公英	尼格
中国香港	珊珊	玲玲	白海豚	狮子山	榕树
日本	摩羯	剑鱼	鲸鱼	圆规	天猫
老挝	丽琵	蓝湖	灿鸿	南川	帕卡
中国澳门	贝碧嘉	琵琶	（未定）	玛瑙	珊瑚
马来西亚	普拉桑	塔巴	浪卡	妮亚图	玛娃
密克罗尼西亚	苏力	米娜	沙德尔	雷伊	古超

菲律宾	西马仑	桦加萨	(未定)	马勒卡	泰利
韩国	飞燕	浣熊	(未定)	鲇鱼	杜苏芮
泰国	山陀儿	博罗依	艾莎尼	暹芭	卡努
美国	百里嘉	麦德姆	艾涛	艾利	兰恩
越南	潭美	夏浪	(未定)	桑达	苏拉

（以上资料于 2021年 12 月 29日选自维基百科）